

(19)日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2000-12968

(P2000-12968A)

(43)公開日 平成12年1月14日 (2000.1.14)

(51)Int.Cl.⁷

H 01 S 5/30
5/06
5/068

識別記号

F I

H 01 S 3/18
3/103
3/133

デマコード⁸ (参考)

5 F 0 7 3

審査請求 有 請求項の数 2 O L (全 11 頁)

(21)出願番号

特願平10-169599

(22)出願日

平成10年6月17日 (1998.6.17)

(71)出願人 591102693

サンテック株式会社

愛知県小牧市大字上末122番地

(72)発明者 郷 台鎧

愛知県小牧市大字上末122番地 サンテック株式会社内

(72)発明者 女鹿田 直之

愛知県小牧市大字上末122番地 サンテック株式会社内

(74)代理人 100084364

弁理士 岡本 宜喜 (外1名)

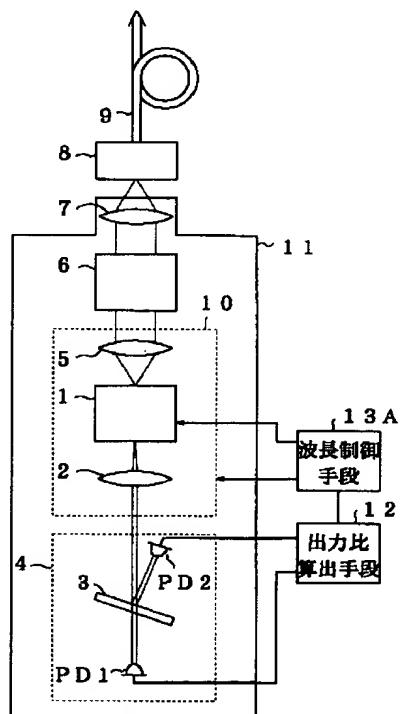
Fターム(参考) 5F073 AB25 AB30 BA01 EA03 EA04
GA22 GA38

(54)【発明の名称】 波長可変型レーザ光源装置

(57)【要約】

【課題】 レーザ光源の発光可能波長範囲内で簡単な構成で小型化され安定に発光するレーザ光源装置を提供すること。

【解決手段】 半導体レーザ1の一方の光ビーム出射端に波長ロッカ4を設ける。波長ロッカ4には干渉光フィルタ3とその透過光及び反射光を受光するフォトダイオードPD1, PD2を配置する。フォトダイオードPD1, PD2の出力比を算出し、出力比が所定値となるように波長を制御する。半導体レーザ1, 波長ロッカ4を光学モジュール11内に封入し、他のプロックと共に基板上に実装する。こうすれば小型で所望の波長を安定して発光させることができる。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 光の波長を連続して変化させることができる波長可変型の半導体レーザと、

前記半導体レーザの光が空間を介して入射され、所定波長の光を透過させ、他を反射させる光フィルタと、前記光フィルタを透過する光及び前記光フィルタに反射される光を夫々受光する第1、第2の受光素子と、前記第1、第2の受光素子の出力比を算出する出力比算出手段と、

前記出力比算出手段による出力比が所定値となるように前記光源の発光波長を制御する波長制御手段と、

前記半導体レーザ、前記光フィルタ及び前記第1、第2の受光素子を封止する光学モジュールと、を具備し、前記出力比算出手段、波長制御手段を構成する電子回路部及び前記光学モジュールを同一のケース内に収納して構成したことを特徴とする波長可変型レーザ光源装置。

【請求項2】 前記光フィルタの近傍に設けられ、光フィルタ近傍の温度を検出する温度検出素子と、

前記温度検出素子の出力に基づいて光フィルタの温度変化に伴う特性の変化を補償する温度補償手段と、を更に具備することを特徴とする請求項1記載の波長可変型レーザ光源装置。

【請求項3】 前記光フィルタは、透過波長 λ に対して $\lambda/4$ の光学厚さを有する低屈折率膜及び高屈折率膜を交互に多重に積層して構成された干渉光フィルタであることを特徴とする請求項1又は2記載の波長可変型レーザ光源装置。

【請求項4】 前記干渉光フィルタは、透過波長 λ が基板の所定方向に対して連続的に変化するようにその光学厚さを連続的に変化させたものであり、

前記レーザ光源装置は、前記レーザ光源から前記干渉光フィルタへの入射光の入射位置をその所定方向に対して連続的に変化させる入射位置調整手段を更に有するものであることを特徴とする請求項2記載の波長可変型レーザ光源装置。

【請求項5】 前記波長制御手段は、前記出力比算出手段によって算出された出力比と所定の基準値との差を検出する誤差検出手段と、前記誤差検出手段に基準値を設定する基準値設定手段と、前記誤差検出手段により検出される誤差値が0となるように前記半導体レーザの発光波長を制御する半導体レーザ駆動手段と、を具備することを特徴とする請求項1～4のいずれか1項記載の波長可変型レーザ光源装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は光通信、光情報処理、光計測等に使用される波長可変型の半導体レーザ光源装置に関するものである。

【0002】

【従来の技術】 現在光通信においては、光ファイバに多数の波長の光を多重化して通信することにより、単一波長の光を用いた場合に比べて伝送量を大幅に増加させる波長多重通信方式が検討されている。波長多重通信を実現するためには、光信号をそのまま增幅できる比較的狭い波長の帯域内に、例えば0.4 nm以下の間隔で多数の波長のレーザ光を伝送するため、レーザ光源の波長を十分安定化させ、しかも任意の波長で発振できるようにしておく必要がある。又、光情報処理、光計測においては、情報の高密度化や計測の高精度化のためにレーザ光源の波長安定化は重要な課題である。

【0003】 レーザ光源の発光波長を安定化するためには、例えば何らかの方法で基準となる波長特性を有する素子を用い、発光波長との誤差を検出してレーザ光源に帰還する。そのため従来より、原子や分子の吸収を用いてそれを基準として波長を安定化する装置や、ホログラフィ、グレーティング又はマッハツエンダ干渉計やファブリペロー干渉計を用いて基準となる光又は光源の波長をディザによって変調し、波長を調整するようにした方法が知られている。ディザとは光の波長を何らかの方法でわずかに振動させることであり、これによって基準となる波長との差及び方向を判別してレーザ光源に帰還することによって、発光波長を安定化している。

【0004】 又特開昭60-74687号では、ディザをかけず半導体レーザからの光を分離し、わずかに透過する波長の異なる2つのフィルタを用いて夫々のフィルタを通過する光のレベルを光電変換素子によって検出し、その光強度比が一定となるように半導体レーザに帰還する方法が提案されている。

【0005】 【発明が解決しようとする課題】 しかしながらこのような従来の方法は、ディザにより光源に微妙な変化を与えて発光波長を変化させ、電気的に方向を判別し、基準に対する変化分を検出して光源である半導体レーザにフィードバックしているため、光源の光が変調されてしまう。

そのため情報としての変調信号と重なる可能性があり、ディザの影響をなくすためにローパスフィルタ等の電気フィルタ等が必要になるという欠点があった。又ディザを用いるため制御系が複雑となり、ディザが可動部

を伴う場合には、信頼性が低く、寿命が短くなるという欠点があった。又特開昭60-74687号の方法においては、光を分岐するためにビームスプリッタ等の光カップラが必要となる。ビームスプリッタは光の偏光の影響を受け、又温度によって分光比が変わり易く、理想的に所定の比率で光を安定に分岐する素子を作ることが難しいという欠点があった。又フィルタについても、わずかに透過波長の異なる2つの光フィルタを製造することが難しいという欠点があった。更に波長計を用いてフィードバックすることにより波長を固定させる方法も提案されて

いるが、定期的な校正が必要であるという欠点があつ

た。

【0006】本発明はこのような従来の問題点に着目してなされたものであって、ディザや光カップラを用いることなく極めて簡単な構成で小型化でき、正確に任意の波長のレーザ光を発光することができる半導体レーザ光源装置を提供することを目的とする。

【0007】

【課題を解決するための手段】本願の請求項1の発明は、光の波長を連続して変化させることができる波長可変型の半導体レーザと、前記半導体レーザの光が空間を介して入射され、所定波長の光を透過させ、他を反射させる光フィルタと、前記光フィルタを透過する光及び前記光フィルタに反射される光を夫々受光する第1、第2の受光素子と、前記第1、第2の受光素子の出力比を算出する出力比算出手段と、前記出力比算出手段による出力比が所定値となるように前記光源の発光波長を制御する波長制御手段と、前記半導体レーザ、前記光フィルタ及び前記第1、第2の受光素子を封止する光学モジュールと、を具備し、前記出力比算出手段、波長制御手段を構成する電子回路部及び前記光学モジュールを同一のケース内に収納して構成したことを特徴とするものである。

【0008】本願の請求項2の発明は、請求項1の波長可変型レーザ光源装置において、前記光フィルタの近傍に設けられ、光フィルタ近傍の温度を検出する温度検出素子と、前記温度検出素子の出力に基づいて光フィルタの温度変化に伴う特性の変化を補償する温度補償手段と、を更に具備することを特徴とするものである。

【0009】本願の請求項3の発明は、請求項1又は2の波長可変型レーザ光源装置において、前記光フィルタは、透過波長 λ に対して $\lambda/4$ の光学厚さを有する低屈折率膜及び高屈折率膜を交互に多重に積層して構成された干渉光フィルタであることを特徴とするものである。

【0010】本願の請求項4の発明は、請求項2の波長可変型レーザ光源装置において、前記干渉光フィルタは、透過波長 λ が基板の所定方向に対して連続的に変化するようにその光学厚さを連続的に変化させたものであり、前記レーザ光源装置は、前記レーザ光源から前記干渉光フィルタへの入射光の入射位置をその所定方向に対して連続的に変化させる入射位置調整手段を更に有することを特徴とするものである。

【0011】本願の請求項5の発明は、請求項1～4のいずれか1項の波長可変型レーザ光源装置において、前記波長制御手段は、前記出力比算出手段によって算出された出力比と所定の基準値との差を検出する誤差検出手段と、前記誤差検出手段に基準値を設定する基準値設定手段と、前記誤差検出手段により検出される誤差値が0となるように前記半導体レーザの発光波長を制御する半導体レーザ駆動手段と、を具備することを特徴とするものである。

(3)

4

【0012】このような特徴を有する本発明によれば、レーザ光源を発光させて、そのレーザ光を光フィルタに入射する。光フィルタへの入射はレンズで集光して入射することも含むが、光ファイバ等は用いず、空間を介して入射するものとする。このフィルタは所定波長の光を透過し他を反射させるため、透過した光と反射した光を夫々第1、第2の受光素子によって受光し、その出力比を出力比算出手段によって算出する。そして出力比が所定値となるようにレーザ光源の発光波長を制御することにより、所定の波長のレーザ光を発光させることができる。請求項2の発明は、光フィルタの温度を検出し、温度変化に伴う特性の変化を補償するようにしたものである。請求項3の発明は、このような光フィルタを多層膜による干渉光フィルタによって実現したものである。又多層膜干渉光フィルタを請求項4に示すように、所定の方向に対して透過波長が連続的に変化するように構成した波長可変型の干渉光フィルタを用い、その受光位置を変更するようにすれば、レーザ光源の発光波長を変化させることができる。又請求項5の発明では、基準値設定手段により基準値を設定しておき、誤差検出手段により出力比算出手段によって算出された出力比と基準値との差を誤差として検出する。そして光源駆動手段により誤差が0となるようにレーザ光源を制御することにより、レーザ光源の発光波長を調整することができる。

【0013】

【発明の実施の形態】図1は本発明の第1の実施の形態による波長可変型レーザ装置の全体の光学系部分を示す図である。本図に示すようにこの実施の形態では、多電極型の半導体レーザを用いるものとする。多電極型の波長可変型半導体レーザ1は、例えば特開平8-56030号に示されているように、温度及び複数の電極に供給する電流を制御することによって、発光波長を例えば60nm以下の範囲内で変化させることができる。半導体レーザ1はチップの両側にレーザ光を出射する。従って図中下方に出射するレーザ光をモニタ用として用いる。ここではレーザ光をレンズ2を介して干渉光フィルタ3に入射させる。干渉光フィルタ3はレーザ光源の発光可能波長のほぼ中心が透過波長となるバンドパス型の光フィルタであり、透過した光を受光する位置に第1の受光素子であるフォトダイオードPD1を配置する。又干渉光フィルタ3によって反射された光を受光できる位置に第2の受光素子であるフォトダイオードPD2を配置する。干渉光フィルタ3とフォトダイオードPD1、PD2とは波長をモニタし、波長を固定するための波長ロッカ4として用いられている。

【0014】一方半導体レーザ1の他方の出射面にはレンズ5を介してアイソレータ6を配置する。アイソレータ6は光の透過方向を規定するものであり、その出射光はレンズ7及びコリメータ8を介して光ファイバ9に接続される。光ファイバ9は発光したレーザ光を所望の位

50

置に導くものである。ここで半導体レーザとレンズ2及び5とは、ペルチェ素子等の温度制御素子を用いて温度制御可能な温度調整モジュール10内に配置されている。又波長ロッカ4と温度調整モジュール10及びアイソレータ6、レンズ7とは、全体が気密の光学モジュール11内に封入されて構成される。この光学モジュール11の外部にはフォトダイオードPD1、PD2からの出力に基づいて温度制御をするための電子回路部が設かれている。

【0015】次に干渉光フィルタ3について説明する。干渉光フィルタ3は半導体レーザ1が発光可能な波長の範囲内で入射された光の波長に応じて出力される透過率及び反射率が変化する光フィルタである。このような干渉光フィルタは透過波長を λ とすると、 $\lambda/4$ の光学厚さを有する低屈折率膜及び高屈折率膜を交互に多重に積層して構成することができる。

【0016】次にこの半導体レーザ光源装置の波長制御部について説明する。波長制御部は出力比算出手段12及び波長制御手段13Aを有している。出力比算出手段12は第1、第2の受光素子であるフォトダイオードPD1、PD2の出力比を算出するものであり、その出力は波長制御手段13Aに与えられる。波長制御手段13Aは出力比算出手段12による出力比が所定値となるようにレーザ光源の発光波長を制御するものである。半導体レーザ1の発光波長は複数の電極に供給する駆動電流を変化させたり、周囲温度を変化させることによって調整するものとする。

【0017】次に出力比算出手段12及び波長制御手段13Aについて図2を用いて詳細に説明する。第1、第2のフォトダイオードPD1、PD2からの出力は出力比算出手段12内のI/V変換器21、22に与えられ、電圧信号に変換される。I/V変換器21、22の出力は加算器23及び減算器24に与えられ、夫々の出力は加算及び減算されて割算器25に与えられる。割算器25は波長ロッカ4に入射された光を正規化し、これらの出力比に基づいて入力光の波長を検出するものである。ここでI/V変換器21、22、加算器23、減算器24、割算器25は、第1、第2の受光素子の出力比によってレーザ光の波長を検出する出力比算出手段12を構成しており、その出力は誤差検出器26に与えられる。誤差検出器26の他方の入力端には基準電圧が与えられている。この基準電圧は $+V_{CC}$ ～ $-V_{DD}$ の間で基準値設定手段27、例えば可変抵抗器VR1によって調整できるように構成する。誤差増幅器26はこの基準電圧と入力電圧との差を誤差信号として検出し、誤差信号をPID制御部28に与える。PID制御部28は誤差信号が0となるようにPID制御するものであり、その出力は半導体レーザ駆動部29を介して半導体レーザ1に帰還するように構成されている。半導体レーザ駆動部19は半導体レーザ1の複数の電極の駆動電流、及び温度

制御モジュール10内の半導体レーザ1の温度を制御することにより、半導体レーザ1の発光波長を、例えば60nm以下の範囲内で変化するように制御するものである。ここで誤差検出器26と誤差検出器26に基準電圧を与える可変抵抗器VR1、PID制御部28、半導体レーザ駆動部29は、出力比算出手段12による出力比が所定値となるようにレーザ光源の発光波長を制御する波長制御手段13Aを構成している。

【0018】図3(a)はこのレーザ光源装置の全体構成を示す図である。この実施の形態では光学モジュール11と前述した出力比算出手段12、波長制御手段13Aの各電子部品14とを1枚のプリント基板15上に実装して構成する。このように全ての部品をプリント基板上に実装することにより、レーザ光源装置を極めて小型軽量化することができる。

【0019】図3(b)はこの実施の形態によるレーザ光源装置をケース16に収納した状態を示す斜視図である。この実施の形態では、可変抵抗器VR1による基準電圧の設定つまり17が設けられ、ケース16の外部より発光波長を調整できるように構成されている。

【0020】次にこの実施の形態によるレーザ光源装置の動作について説明する。図4(a)、(b)は干渉光フィルタ3の透過率、反射率の特性を示すグラフである。半導体レーザ1の発光可能な波長範囲を λ_1 ～ λ_2 とすると、この間で反射率と透過率とが連続して変化するように干渉光フィルタ3の中心波長 λ_3 を選択する。例えば発光可能な波長の一端の波長、例えば λ_1 と等しくなるように選択する。干渉光フィルタ3はこの波長 λ_3 の光を透過させ、図4(b)に示すようにその他の光を反射させる特性を有している。このとき半導体レーザ1の発光波長 λ ($\lambda_1 \leq \lambda \leq \lambda_2$)に対して、フォトダイオードPD1、PD2に得られる光出力は夫々図4(c)、(d)に示すものとなる。即ちフォトダイオードPD1、PD2で得られる出力は、夫々図4(a)の透過率及び図4(b)の反射率の特性に対応している。

【0021】従ってフォトダイオードPD1、PD2のI/V変換出力をA、Bとすると、これらを加算及び減算し、割算器25により割算し、 $(A - B) / (A + B)$ を算出する。割算することにより正規化したレベルは図5に示すものとなる。このようにレーザ光源の発光波長に応じて波長モニタ信号が連続的に変化する。波長モニタ信号のレベルと誤差検出器26の基準電圧との差分値を誤差信号とし、誤差信号が零となるように制御することによって、誤差検出器26に設定された基準電圧と一致するように半導体レーザ1の波長を制御することができる。例えば基準電圧を0Vとすれば、PD1、PD2の出力レベルが等しい波長 λ_4 を発光したとき、誤差信号は0となり、半導体レーザ1の発光波長を λ_4 に制御することができる。又基準電圧を図5のレベルV1に設定すれば、短波長側の λ_5 に波長がロックされるこ

となる。このように誤差検出器26の基準電圧を変化させることによって図4、図5に示す波長 λ_1 ～ λ_2 の範囲内で発光波長を調整することができる。

【0022】この実施の形態によれば半導体レーザ1を温度調整モジュール10内に封入すると共に、波長ロッカ4とを含めて光学モジュール11内に封入し、更に全体をプリント基板上15に実装しているため、半導体レーザの光を直接干渉フィルタ3に導くことができる。そのため光ファイバや光カップラ等を用いて干渉フィルタに導いた場合に比べて偏光方向の変化を考慮する必要がなく、波長精度を向上させることができる。又小型軽量で可動部がなく、信頼性の高いレーザ光源装置を実現することができる。

【0023】尚この実施の形態では明示していないが、加算器23からの出力によって発光波長の如何にかかわらず半導体レーザ1からの出力レベルを検出できる。従って加算器23の出力が一定となるように半導体レーザの出力レベルを調整することによって、半導体レーザ1の出力レベルを一定に保持することができる。このような出力レベルのモニタ及び出力レベル制御は半導体レーザで広く行われており、本実施の形態ではフォトダイオードPD1、PD2を出力モニタ用素子としても用いることができる。

【0024】次に本発明の第2の実施の形態について説明する。この実施の形態では図6に示すように干渉フィルタ3の温度変動に伴う特性の変化を補償するようにしたものである。そのため図6に示すように干渉フィルタ3の近傍には温度検出素子、例えばサーミスタ31を設ける。図7は第2の実施の形態による出力比算出手段12、波長制御手段13Bの構成を示しており、サーミスタ31の出力は図7に示すように温度検出手段32に与えられる。温度検出手段32はサーミスタからの信号に基づいて温度を検出するものであり、その出力は波長制御手段13B内の加算器33に与えられる。加算器33は前述した誤差検出器26の出力と温度検出信号を加算することによって、干渉光フィルタ3の温度変化に基づく特性の変化を補償するためのものであり、温度検出手段32と共に干渉光フィルタの温度変化に伴う特性変化を補償する温度補償手段を構成している。その他の構成は前述した第1の実施の形態と同様である。

【0025】この実施の形態では光学モジュール11内の波長ロッカ4部分の温度が変化しても温度変化に基づく干渉光フィルタ3の特性を補償することができるため、温度変化にかかわらず正確に所望の波長のレーザ光を発光することができる。

【0026】次に本発明の第3の実施の形態について図8を用いて説明する。この実施の形態では図8に示すように波長ロッカ内の干渉光フィルタとして、光の入射位置に応じて透過する波長が連続的に変化する干渉光フィルタ41を用いたものである。そしてこの干渉光フィルタ41への入射位置を機械的に変化させるために、入射位置調整手段を設ける。入射位置調整手段は例えば、ねじを回転させることによって干渉光フィルタ41を図8に示すX軸方向にスライドさせるスライド調整機構42として構成してもよい。こうすれば干渉光フィルタ41への入射位置を所定の範囲内で変化させることができる。この実施の形態では半導体レーザ1の波長可変範囲内で干渉光フィルタの透過波長を入射位置を変えて連続的に変化させる。干渉光フィルタ41自体の特性は図9に示すように、発光可能波長の範囲(λ_1 ～ λ_2)よりも十分狭い急峻な特性を有する光フィルタとしておく。その他の構成は前述した第1の実施の形態と同様であり、フォトダイオードPD1、PD2の出力を出力比算出手段12に与え、波長制御手段13Aによって発光波長を制御する。又前述した第2の実施の形態と同様に、この干渉光フィルタの近傍にサーミスタ31を設け、温度を検出し、波長制御手段13Bによってその温度変化に基づく特性を補償するようにしてもよい。

【0027】図10はこの実施の形態による波長可変型レーザ光源装置の全体構成を示す斜視図である。この実施の形態でも第1の実施の形態と同様に、プリント基板15上に光学モジュール11、電子回路部14を実装し、ケース16内に収納しておく。そしてケースの外側よりつまみ43を設けて干渉光フィルタ41の入射位置を変化できるように構成する。更に可変抵抗器VR1による基準電圧の設定つまみ17も同時に設けておく。その他の構成は第1の実施の形態と同様である。

【0028】この干渉光フィルタ41は特公平7-92530号に示されるように、高屈折率膜と低屈折率膜とを交互に積層し、積層した波長の光学厚さを連続的に変化させようとしたものである。次にこの干渉光フィルタについて図11を用いて説明する。本実施の形態による波長可変型の干渉光フィルタ41は、例えばガラス、シリコン等のサブストレート51上に物質を多層蒸着させて構成している。このサブストレート51は使用する波長の範囲で光の透過率が高い材質を用いて構成するものとし、誘電体や半導体が用いられる。本実施の形態では石英ガラスを用いている。そしてこのサブストレート51の上部には、使用する波長での光の透過率の高い蒸着物質、誘電体、半導体等の多層膜52を蒸着する。ここで多層膜52は図示のように下部多層膜53、キャビティ層54及び上部多層膜55から形成されるものとする。又サブストレート51の下面には反射防止膜56を蒸着によって形成する。

【0029】ここで多層膜52、反射防止膜56の蒸着材料として用いられる物質は、例えばSiO₂ (屈折率n=1.46)、Ta₂O₅ (n=2.15)、Si (n=3.46)やAl₂O₃、Si₂N₄、MgF等が用いられる。又本実施の形態では多層膜53、55は低屈折率膜と高屈折率膜とを交互に積層して蒸着させている。ここで膜厚dと

透過波長 λ 、屈折率 n とは以下の関係となるようにする。

$$\lambda = 4 n d \quad \dots \quad (1)$$

即ち各層はその光学厚さ $n d$ を $\lambda / 4$ とする。そして低屈折率膜と高屈折率膜とを交互に積み重ねることによって透過率のピークの半値全幅 (FWHM) を小さくしている。又キャビティ層 5 4 の膜厚 d_c とは透過波長 λ 、屈折率 n とは以下の関係になるようにする。

$$\lambda = 2 n d_c \quad \dots \quad (2)$$

即ちキャビティ層 5 4 の光学厚さ $n d_c$ は $\lambda / 2$ とする。

【0030】さて本実施の形態による干渉光フィルタ 4 1 は、透過波長と膜厚とが式 (1)、(2) の関係を有することから、サブストレート 5 1 を細長い板状の基板とし、多層膜 5 2 の屈折率を一定とし、膜厚を連続的に変化させて透過波長 λ を異ならせるようにしている。そしてこの波長可変型干渉光フィルタ 5 の透過波長を $\lambda_a \sim \lambda_c$ ($\lambda_a < \lambda_c$) とし、その中心点 ($x = x_b$) での透過波長を λ_b とする。上下の多層膜 5 3、5 5 は、夫々第 1 の屈折率 n_1 の第 1 の蒸着物質膜とこれより屈折率の低い第 2 の屈折率 n_2 の第 2 の蒸着物質膜とを、交互に積層して構成する。即ち図 1 1 (a) の円形部分の拡大図を図 1 1 (c) に示すように、夫々の膜厚を連続的に変化させている。図 1 1 (c) において、下部多層膜 5 3 の低屈折率膜を 5 3 L、高屈折率膜を 5 3 H とし、上部多層膜 5 5 の高屈折率膜を 5 5 H、低屈折率膜を 5 5 L とする。そして図 1 1 (a) のフィルタの X 軸上での端部 x_a の透過波長 λ_a に対して、夫々低屈折率膜及び高屈折率膜で上記の式 (1)、(2) が成り立つように設定する。又 x_b 、 x_c での透過波長 λ_b 、 λ_c に対しても、その波長 λ_b 、 λ_c で式 (1)、(2) が成り立つようにその膜厚を設定する。そしてその間の膜厚も波長の変化が直線的に変化するように設定する。従って層の各膜厚は図示のように X 軸上の位置 $x_a \sim x_c$ について連続的に変化し、X 軸の正方向に向かって膜厚が大きくなる。

【0031】このように膜厚を連続的に変化させる干渉光フィルタ 4 1 は、サブストレート 5 1 上に多層膜 5 2 を蒸着して形成する際に、蒸着源との間隔を連続的に変化するようにサブストレートを傾けて配置しておくことにより、実現することができる。

【0032】又干渉光フィルタ 4 1 の膜厚自体を連続して変化させるようにしているが、各膜厚は一定とし、多層膜 5 2 の屈折率 n_1 、 n_2 を X 軸方向に連続的に変化させて光の入射位置をスライド調整機構 4 2 を用いて機械的に X 軸方向に移動させることによって、透過波長自体

を連続的に変化させることができる。

【0034】次にこの実施の形態の動作について説明する。この実施の形態においてはレーザ光源の発光波長を大きく変化させるためにはスライド調整機構 4 2 の調整つまみ 4 3 を回転させて干渉光フィルタ 4 1 への入射光の入射位置を変えれば、図 9 に示す干渉光フィルタ 4 1 の透過波長 λ を変化させることができる。こうすれば発光可能な波長を大きく変化させることができる。従って発光波長を干渉光フィルタ 4 1 への入射位置によって大まかに調整し、微妙な波長の調整を基準値設定手段 1 7 の基準電圧を変化させることによって調整すれば、使用者が任意の波長に設定することが可能となる。このように本発明では 1 つの干渉光フィルタを用いることにより、ビームスプリッタや 2 つの近接する透過波長を有するフィルタを用いることなく、正確に波長を制御することができる。

【0035】尚この実施の形態では干渉光フィルタ 4 1 の長手方向に透過波長を連続的に変化させようとしているが、干渉光フィルタを円形とし、その半径方向に沿って透過波長が連続的に変化する干渉光フィルタとすることもできる。この場合には入射位置調整手段として、スライド調整機構に代えて入射位置軸方向に沿って回転させる回転機構を設けて透過波長を変化させることができる。

【0036】又前述した第 3 の実施の形態では、スライド調整機構 4 2 と可変抵抗器 VR 1 のつまみ 4 3、1 7 をケースの外部から調整できるようにしているが、可変抵抗器 VR 1 による基準値設定手段を設けることなくスライド調整機構 4 2 のつまみ 4 3 のみで波長を変化させることとしてもよい。

【0037】尚前述した第 1 ～ 第 3 の実施の形態では、信号処理回路として加算器と減算器及びその出力比を算出する割算器を設けているが、2 つの I/V 変換器の比を直接算出するようにしてもよいことはいうまでもない。又加算値とフォトダイオードからの一方の出力との比を算出して波長モニタ信号とすることができる。更に出力比算出手段及び波長制御手段をマイクロコンピュータを用いて実現することはいうまでもない。

【0038】更に前述した各実施の形態では、半導体レーザとして多電極型半導体レーザを用いているが、分布帰還型等の半導体レーザを用い、その周囲温度を変化させて波長を調整するようにしてもよい。分布帰還型半導体レーザでは温度制御により数 nm の範囲内で波長を変化させることができる。

【0039】

【発明の効果】以上詳細に説明したように本願の請求項 1 ～ 5 の発明によれば、干渉光フィルタを用いることにより入射光と反射光との比率から光源の発光波長を制御するようにしている。そのため従来の波長制御方法のよ

うに分光比を正確に一定に保つことが難しいビームスプリッタを用いる必要がなく、その温度制御も不要となる。又波長選択性が近接する2つのフィルタを用いることも不要となる。又半導体レーザの2つの出射光の一部を波長制御用に利用しており、光ファイバや光カップラ等を介して波長制御部に光を分波させて入射させる必要がなく、光ファイバによる偏光方向の変化分を考慮する必要がなくなる。更にこれらの光学系部分をモジュール化しているため、波長制御手段と共にプリント基板上に実装することができ、光源全体を極めて小型化することができる。従って極めて簡単な構成で正確な波長制御が可能となる。

【0040】これに加えて請求項1～3の発明では、可動部がなく、信頼性を向上させることができるという効果が得られる。又請求項2の発明では、干渉光フィルタの温度変化にかかわらず一定の波長出力が得られる。請求項4の発明では、干渉光フィルタへの入射位置を制御することによって透過波長を変化させているため、干渉光フィルタとして急峻な特性のフィルタを用いることができ、波長設定の精度を向上させることができる。又請求項5の発明では、基準値設定手段により設定する基準値を変化させることによって、レーザ光源の発光周波数を調整することができる。

【図面の簡単な説明】

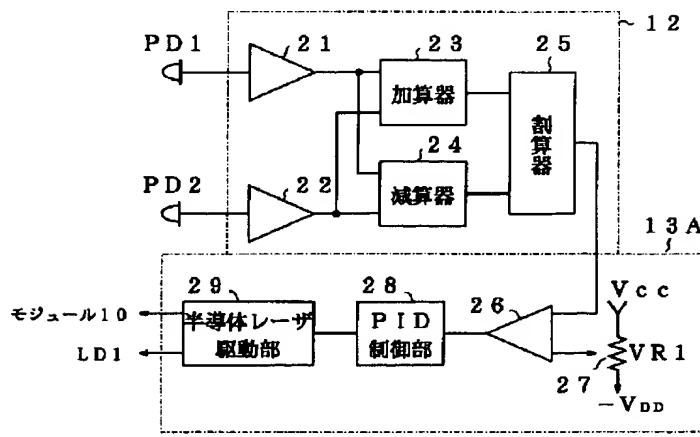
【図1】本発明の第1の実施の形態による波長可変型レーザ光源装置の全体構成を示す概略図である。

【図2】本実施の形態によるレーザ光源装置の出力比算出手段、波長制御手段の構成を示すブロック図である。

【図3】本実施の形態によるレーザ光源装置のプリント基板上の部品及び外観を示す斜視図である。

【図4】本実施の形態によるレーザ光源装置のフィルタ特性及びフォトダイオードの受光特性を示すグラフである。

【図2】



【図5】波長に対する誤差信号の変化を示すグラフである。

【図6】本発明の第2の実施の形態による波長可変型レーザ光源装置の全体構成を示す概略図である。

【図7】第2の実施の形態によるレーザ光源装置の出力比算出手段、波長制御手段の構成を示すブロック図である。

【図8】本発明の第3の実施の形態による波長可変型レーザ光源装置の全体構成を示す概略図である。

【図9】第3の実施の形態による干渉光フィルタの特性を示すグラフである。

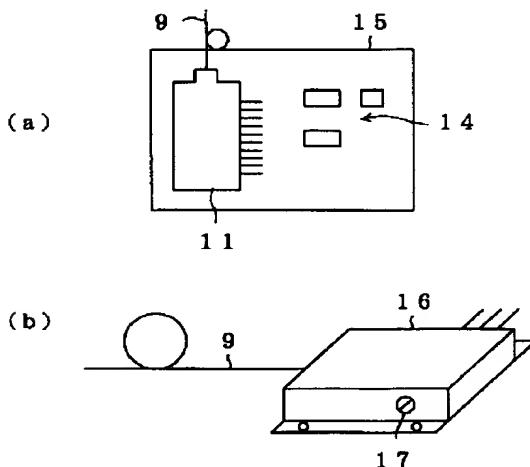
【図10】第3の実施の形態によるレーザ光源装置の全体構成を示す斜視図である。

【図11】(a)は本発明の第3の実施の形態によるシングルキャビティ構造の干渉光フィルタの構成を示す断面図、(b)はそのX軸上での透過率の変化を示すグラフ、(c)は(a)の円形部分の拡大断面図である。

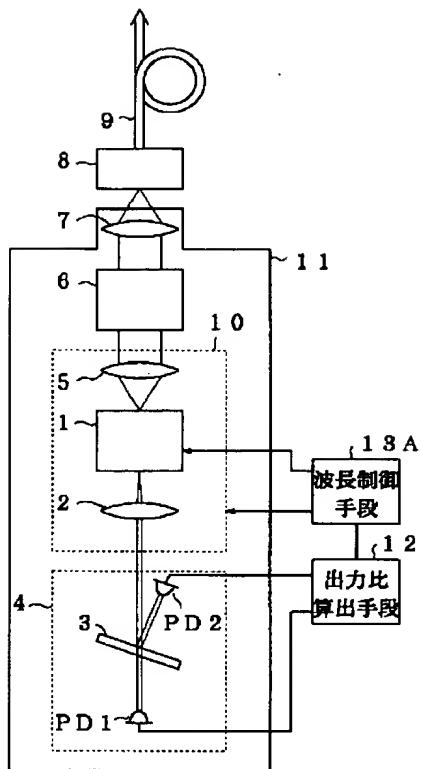
【符号の説明】

1	半導体レーザ
2, 5	レンズ
3, 4 1	干渉光フィルタ
4	波長ロッカ
6	アイソレータ
7	レンズ
8	コリメータ
9	光ファイバ
10	温度調整モジュール
11	光学モジュール
12	出力比算出手段
13 A, 13 B	波長制御手段
32	温度検出手段
42	スライド調整機構

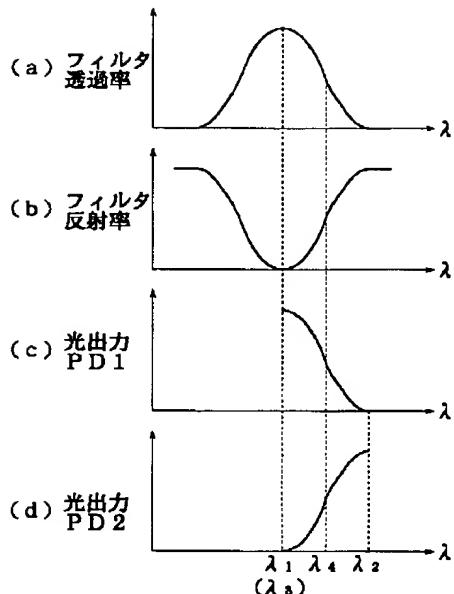
【図3】



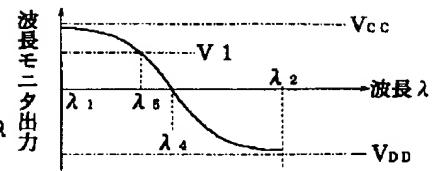
【図1】



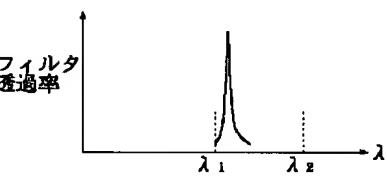
[図4]



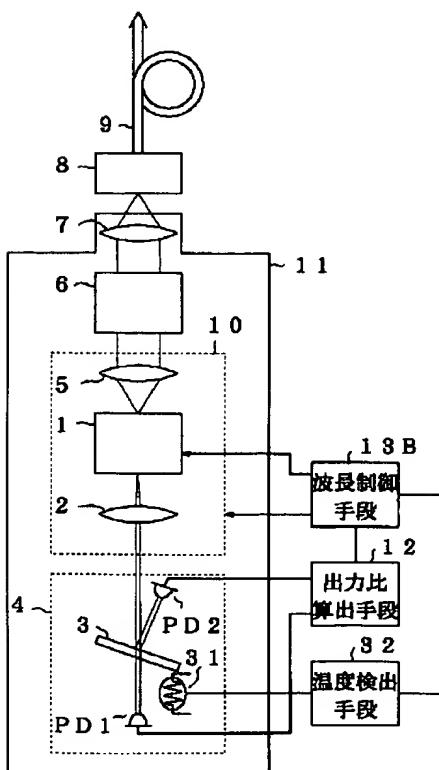
【図5】



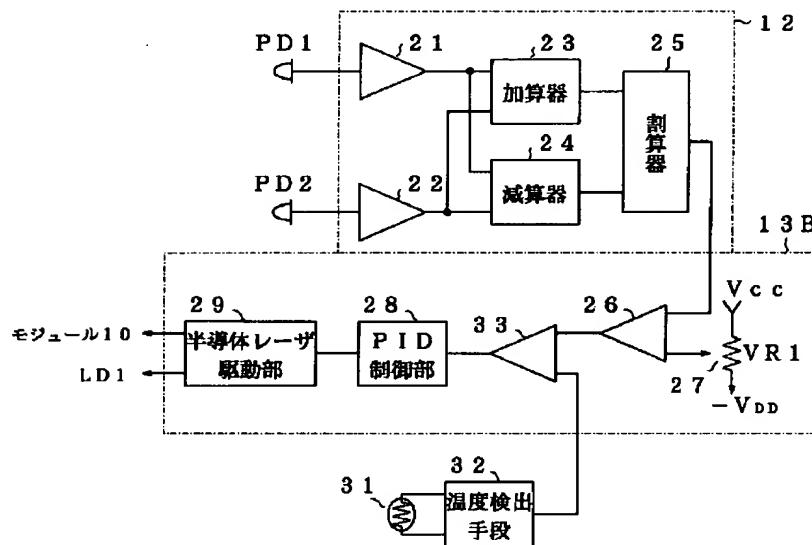
[図9]



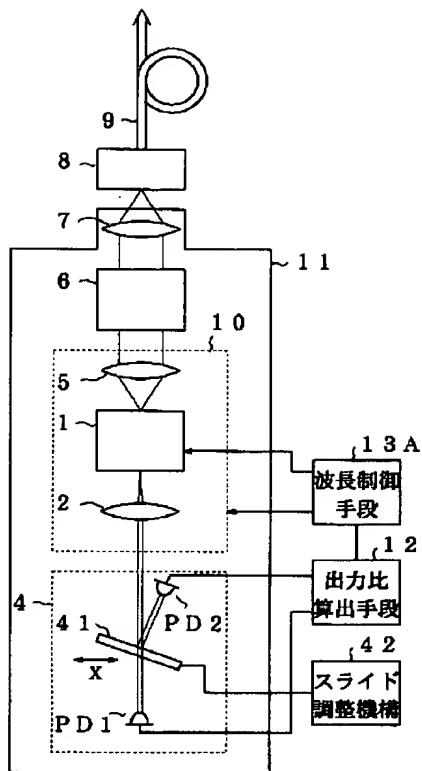
【図6】



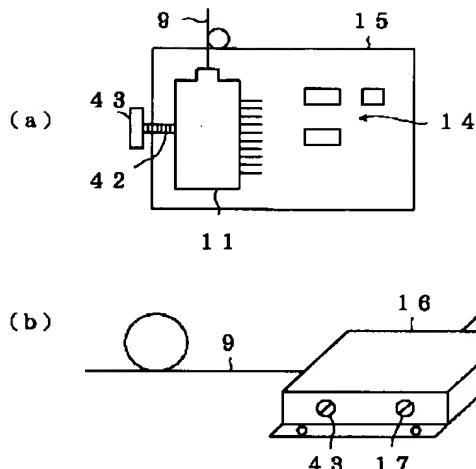
【図7】



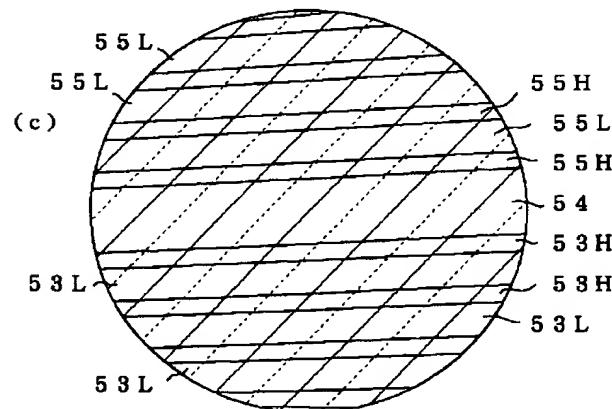
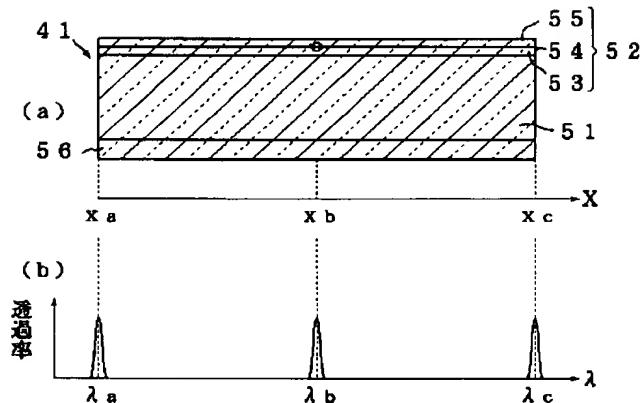
【図8】



【図10】



[図 1 1]



【手続補正書】

【提出日】平成11年5月14日(1999.5.14)

【手続補正1】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】特許請求の範囲

【補正方法】変更

【補正内容】

【特許請求の範囲】

【請求項1】光の波長を連続して変化させる波長可変型半導体レーザと、

前記半導体レーザの光が空間を介して入射され、入射光の一部を透過させ他を反射させる干渉光フィルタと、前記干渉光フィルタを透過する光及び前記干渉光フィルタに反射される光を夫々受光する第1、第2の受光素子と、

前記第1、第2の受光素子の出力比を算出する出力比算出手段と、

前記出力比算出手段による出力比が所定値となるように前記半導体レーザの発光波長を制御する波長制御手段と、

前記半導体レーザ、前記干渉光フィルタ及び前記第1、第2の受光素子を封止する光学モジュールと、

前記半導体レーザから前記干渉光フィルタへの入射光の入射位置を所定方向に対して連続的に変化させる入射位置調整手段と、

前記干渉光フィルタの近傍に設けられ、干渉光フィルタ近傍の温度を検出する温度検出素子と、

前記温度検出素子の出力に基づいて干渉光フィルタの温度変化に伴う特性の変化を前記出力比算出手段から出力される出力比の目標値を補正することによって補償する温度補償手段と、を具備し、

前記干渉光フィルタは、波長 λ に対して $\lambda/4$ の光学厚さを有する低屈折率膜及び高屈折率膜を基板に交互に多重に積層して構成され、少なくとも前記半導体レーザの波長可変範囲内において波長 λ が基板の前記所定方向に対して連続的に変化するようにその光学厚さを連続的に変化させたものであり、

前記出力比算出手段、波長制御手段を構成する電子回路部及び入射位置調整手段と前記光学モジュールを同一のケース内に収納して構成したことを特徴とする波長可変型レーザ光源装置。

【請求項2】前記波長制御手段は、

前記出力比算出手段によって算出された出力比と所定の基準値との差を検出する誤差検出手段と、

前記誤差検出手段に基準値を設定する基準値設定手段と、

前記誤差検出手段により検出される誤差値を前記温度補償手段によって補償した値が0となるように前記半導体レーザの発光波長を制御する半導体レーザ駆動手段と、

を具備することを特徴とする請求項1記載の波長可変型レーザ光源装置。

【手続補正2】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0007

【補正方法】変更

【補正内容】

【0007】

【課題を解決するための手段】本願の請求項1の発明は、光の波長を連続して変化させる波長可変型半導体レーザと、前記半導体レーザの光が空間を介して入射され、入射光の一部を透過させ他を反射させる干渉光フィルタと、前記干渉光フィルタを透過する光及び前記干渉光フィルタに反射される光を夫々受光する第1、第2の受光素子と、

前記第1、第2の受光素子の出力比を算出する出力比算出手段と、前記出力比算出手段による出力比が所定値となるように前記半導体レーザの発光波長を制御する波長制御手段と、前記半導体レーザ、前記干渉光フィルタ及び前記第1、第2の受光素子を封止する光学モジュールと、前記半導体レーザから前記干渉光フィルタへの入射光の入射位置を所定方向に対して連続的に変化させる入射位置調整手段と、前記干渉光フィルタの近傍に設けられ、干渉光フィルタ近傍の温度を検出する温度検出素子と、前記温度検出素子の出力に基づいて干渉光フィルタの温度変化に伴う特性の変化を前記出力比算出手段から出力される出力比の目標値を補正することによって補償する温度補償手段と、を具備し、前記干渉光フィルタは、波長 λ に対して $\lambda/4$ の光学厚さを有する低屈折率膜及び高屈折率膜を基板に交互に多重に積層して構成され、少なくとも前記半導体レーザの波長可変範囲内において波長 λ が基板の前記所定方向に対して連続的に変化するようにその光学厚さを連続的に変化させたものであり、前記出力比算出手段、波長制御手段を構成する電子回路部及び入射位置調整手段と前記光学モジュールを同一のケース内に収納して構成したことを特徴とするものである。

【手続補正3】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0008

【補正方法】変更

【補正内容】

【0008】本願の請求項2の発明は、請求項1の波長可変型レーザ光源装置において、前記波長制御手段は、前記出力比算出手段によって算出された出力比と所定の基準値との差を検出する誤差検出手段と、前記誤差検出手段に基準値を設定する基準値設定手段と、前記誤差検出手段により検出される誤差値を前記温度補償手段によって補償した値が0となるように前記半導体レーザの発光波長を制御する半導体レーザ駆動手段と、を具備する

ことを特徴とするものである。

【手続補正4】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0009

【補正方法】変更

【補正内容】

【0009】このような特徴を有する本願の請求項1の発明によれば、レーザ光源を発光させて、そのレーザ光を光フィルタに入射する。光フィルタへの入射はレンズで集光して入射することも含むが、光ファイバ等は用いず、空間を介して入射するものとする。このフィルタは所定波長の光を透過し他を反射させるため、透過した光と反射した光を夫々第1、第2の受光素子によって受光し、その出力比を出力比算出手段によって算出する。そして出力比が所定値となるようにレーザ光源の発光波長を制御することにより、所定の波長のレーザ光を発光させることができる。そしてこの光フィルタを多層膜による干渉光フィルタによって実現し、所定の方向に対して透過波長が連続的に変化するように構成した波長可変型の干渉光フィルタを用い、その受光位置を変更するようすれば、レーザ光源の発光波長を変化させることができ。又この干渉光フィルタの温度を温度検出手段によって検出し、温度変化に伴う特性の変化を補償することによって干渉光フィルタの温度変化にかかわらず一定の波長出力を得るようにしたものである。

【手続補正5】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0010

【補正方法】変更

【補正内容】

【0010】請求項2の発明ではこれに加えて、基準値設定手段により基準値を設定しておき、誤差検出手段により出力比算出手段によって算出された出力比と基準値との差を誤差として検出する。そして光源駆動手段により誤差が0となるようにレーザ光源を制御することにより、レーザ光源の発光波長を微調整することができる。

【手続補正6】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0011

【補正方法】削除

【手続補正7】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0012

【補正方法】削除

【手続補正8】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0039

【補正方法】変更

【補正内容】

【0039】

【発明の効果】以上詳細に説明したように本願の請求項1, 2の発明によれば、干渉光フィルタを用いることにより入射光と反射光との比率から光源の発光波長を制御するようしている。そのため従来の波長制御方法のように分光比を正確に一定に保つことが難しいビームスプリッタを用いる必要がなく、その温度制御も不要となる。又波長選択特性が近接する2つのフィルタを用いることも不要となる。又半導体レーザの2つの出射光の一部を波長制御用に利用しており、光ファイバや光カップラ等を介して波長制御部に光を分波させて入射させる必要がなく、光ファイバによる偏光方向の変化分を考慮する必要がなくなる。更にこれらの光学系部分をモジュール化しているため、波長制御手段と共にプリント基板上に実装することができ、光源全体を極めて小型化することができる。従って極めて簡単な構成で正確な波長制御が可能となる。又干渉光フィルタへの入射位置を制御することによって透過波長を変化させているため、干渉光フィルタとして急峻な特性のフィルタを用いることができ、波長設定の精度を向上させることができる。これに加えて干渉光フィルタの温度変化にかかわらず一定の波長出力が得られるという優れた効果が得られる。.

【手続補正9】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0040

【補正方法】変更

【補正内容】

【0040】これに加えて請求項2の発明では、基準値設定手段により設定する基準値を変化させることによって、レーザ光源の発光波長を微調整することができるという効果が得られる。